

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            1 9 9 9 年    5 月 2 7 日  
Date of Application:

出 願 番 号            平成 1 1 年 特 許 願 第 1 4 7 8 1 2 号  
Application Number:  
[ST. 10/C]:            [ J P 1 9 9 9 - 1 4 7 8 1 2 ]

願            人            浜松ホトニクス株式会社  
Applicant(s):

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2 0 0 4 年    7 月 2 8 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 特許願

【整理番号】 HOP0247

【提出日】 平成11年 5月27日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01S 3/06  
G02B 6/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都新宿区中落合 2 丁目 7 番 5 号 ホーヤ株式会社内

【氏名】 伊東 勝久

【特許出願人】

【識別番号】 000113263

【氏名又は名称】 ホーヤ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100092152

【弁理士】

【氏名又は名称】 服部 毅巖

【電話番号】 0426-45-6644

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 009874

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9116137

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ファイバレーザおよび光アンプ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 非石英系ファイバを使用してレーザ発振を行うファイバレーザにおいて、

レーザ活性物質を含み、少なくとも一つの光路を形成する光ファイバが束状になっている光ファイバ束と、

前記光ファイバ束に前記レーザ活性物質を励起するための励起光を導入する励起光導入部と、

少なくとも前記光ファイバ束の側面の一部を覆い、励起光を反射して繰返し前記レーザ活性媒質に吸収されるように配置された励起光反射部と、

前記励起光により励起されたレーザ活性物質に起因するレーザ光を出力するレーザ出力部と、

を有することを特徴とするファイバレーザ。

【請求項 2】 励起光導入部が光ファイバからなり、前記励起光導入部が光ファイバ束とともに束ねられていることを特徴とする請求項 1 に記載のファイバレーザ。

【請求項 3】 前記光ファイバ束の空間は前記光ファイバのクラッドとはほぼ同一の屈折率を有する媒質で満たされていることを特徴とする請求項 1 に記載のファイバレーザ。

【請求項 4】 光ファイバ束内部の隙間に励起光を透過する冷媒が充填され、前記冷媒を流すことにより前記光ファイバ束の冷却を行うことを特徴とする請求項 1 に記載のファイバレーザ。

【請求項 5】 前記レーザ活性物質は、 $\text{Nd}^{3+}$ 、 $\text{Yb}^{3+}$ 、 $\text{Er}^{3+}$ 、 $\text{Pr}^{3+}$ 、 $\text{Ce}^{3+}$ 、 $\text{Tm}^{3+}$ 、 $\text{Ho}^{3+}$ 、 $\text{Tb}^{3+}$ 、 $\text{Dy}^{3+}$ 、 $\text{Eu}^{3+}$ 、 $\text{Eu}^{2+}$ から選ばれる少なくとも 1 種類の物質であることを特徴とする請求項 1 に記載のファイバレーザ。

【請求項 6】 石英系ファイバを使用してレーザ発振を行うファイバレーザにおいて、

$\text{Yb}^{3+}$ 、 $\text{Er}^{3+}$ 、 $\text{Ce}^{3+}$ 、 $\text{Tm}^{3+}$ 、 $\text{Ho}^{3+}$ から選ばれる少なくとも 1 種類のレ

ーザ活性物質を含み、少なくとも一つの光路を形成する光ファイバが束状になっている光ファイバ束と、

前記光ファイバ束に前記レーザ活性物質を励起するための励起光を導入する励起光導入部と、

少なくとも前記光ファイバ束の側面の一部を覆い、励起光を反射して繰返し前記レーザ活性媒質に吸収されるように配置された励起光反射部と、

前記励起光により励起されたレーザ活性物質に起因するレーザ光を出力するレーザ出力部と、

を有することを特徴とするファイバレーザ。

【請求項 7】 励起光導入部が光ファイバからなり、前記励起光導入部が光ファイバ束とともに束ねられていることを特徴とする請求項 6 に記載のファイバレーザ。

【請求項 8】 前記光ファイバ束の空間は前記光ファイバのクラッドとほぼ同一の屈折率を有する媒質で満たされていることを特徴とする請求項 6 に記載のファイバレーザ。

【請求項 9】 光ファイバ束内部の隙間に励起光を透過する冷媒が充填され、前記冷媒を流すことにより前記光ファイバ束の冷却を行うことを特徴とする請求項 6 に記載のファイバレーザ。

【請求項 10】 非石英系ファイバを使用して光増幅を行う光アンプにおいて、

活性物質を含む光ファイバが束状になっている光ファイバ束と、

前記光ファイバ束に励起光を導入する励起光導入部と、

少なくとも前記光ファイバ束の側面の一部を覆い、前記励起光を反射して繰返し前記活性媒質に吸収されるように配置された励起光反射部と、

前記励起光により励起された活性物質により増幅された信号光を出力する出力部と、

を有することを特徴とする光アンプ。

【請求項 11】 石英系ファイバを使用して光増幅を行う光アンプにおいて、 $Yb^{3+}$ 、 $Er^{3+}$ 、 $Ce^{3+}$ 、 $Tm^{3+}$ 、 $Ho^{3+}$ から選ばれる少なくとも 1 種類のレ

ーザ活性物質を含み、少なくとも一つの光路を形成する光ファイバが束状になっている光ファイバ束と、

前記光ファイバ束に励起光を導入する励起光導入部と、

少なくとも前記光ファイバ束の側面の一部を覆い、前記励起光を反射して繰返し前記活性媒質に吸収されるように配置された励起光反射部と、

前記励起光により励起された活性物質により増幅された信号光を出力する出力部と、

を有することを特徴とする光アンプ。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、ファイバレーザ及び光アンプに関し、特にファイバを使用したファイバレーザ及び光アンプに関する。

#### 【0002】

#### 【従来の技術】

近年、光通信または光加工技術分野において安価な高出力のレーザ光の発生装置が望まれている。

#### 【0003】

光ファイバレーザ発振器または光導波路型レーザ発振器はコア径およびコアとクラッドの屈折率差を調節して設計、作製することで容易に発振モードを単一にでき、かつ光を高密度に閉じ込めることでレーザ活性物質と光との相互作用を高め、かつ長さを長くすることで相互作用長を大きくとれるので高い効率で空間的に高品質のレーザ光を発生することができることが知られている。

#### 【0004】

ここで、レーザ光の高出力化または高効率化を実現するには、いかに光ファイバまたは光導波路のレーザ活性イオンまたは色素その他の発光中心添加領域（通常はコア部）に効率よく励起光を導入するかが課題となる。

#### 【0005】

しかし、通常単一モードの導波条件にコア径を設定するとその径はレーザ活性

イオンまたは色素その他の発光中心の添加領域（通常はコア部）の十数 $\mu\text{m}$ 以下に限定され、この径に効率よく励起光を導入するのは一般に困難である。

#### 【0006】

そこで、クラッド部の外側にクラッド部よりもさらに屈折率が低い透明物質で構成される第2クラッド部を設け、第2クラッド部とクラッド部の屈折率差に起因する全反射によって端面より導入された励起光を第一クラッド部およびコア部内に閉じ込め、レーザ活性イオンまたは色素その他の発光中心の添加領域（通常はコア部）を閉じ込められた励起光が通過するにしたがって徐々にレーザ活性イオンまたは色素その他の発光中心に励起光を吸収させ、高出力のレーザ光を出力する方法が知られている。これが2重クラッド型ファイバレーザである（E. Snitzer, H. Po, F. Hakimi, R. Tumminelli, and B. C. McCillum, in Optical Fiber Sensors, Vol. 2 of 1988 OSA Technical Digest Series (Optical Society of America, Washington, D. C., 1988), paper PD5.）。

#### 【0007】

しかし、2重クラッド型ファイバレーザの場合、内部のクラッド部の断面形状が円形であるとレーザ活性イオンまたは色素その他の発光中心の添加領域（通常はコア部）付近を選択的に透過する励起光のみが効率よくレーザ活性物質に吸収され、そうでない部分の吸収効率が非常に低い。すなわち、モードによる吸収飽和が起こるといった問題があった（Jie Song, Anping Liu, Kazunori Okino and Kenichi Ueda, 電気学会誌, OQD-97-17(1997)pp. 1-6）。

#### 【0008】

そこで、内部のクラッド部の形状を矩形にするような工夫がおこなわれているが、一般に円形以外の断面形状のファイバを作製するのは困難であり、かつ機械的な強度にも不足しがちである。加えてファイバーの端面方向からの励起では励起光導入の拡張性に乏しく、高出力化が困難であるという問題点も有した。

#### 【0009】

これらの問題を解決するものとして、ファイバをディスク状等にまとめ、ファイバにおけるレーザ活性イオンまたは色素その他の発光中心の添加領域（通常はコア部）に対し、側面から励起光を導入する光ファイバレーザ装置（特開平 1 0

ー 1 3 5 5 4 8) およびレーザ装置 (特開平 1 0 - 1 9 0 0 9 7) が提案されている。

#### 【0 0 1 0】

側面から励起光をレーザ活性イオンまたは色素その他の発光中心の添加領域 (通常はコア部) に励起光を導入する場合は、通常レーザ活性イオンまたは色素その他の発光中心の添加領域 (通常はコア部) の直径 ( $d$ ) に比べて導波路長 ( $L$ ) が非常に長く、 $L/d > 106$  以上もとれるので導波路の断面方向から励起光を導入する方法よりも非常に多くの励起エネルギーをファイバまたは導波路内に導入することが可能となる。

#### 【0 0 1 1】

ここで使用するファイバとしては、石英系ファイバ及び非石英系ファイバ等があるが、非石英系ファイバを用いた場合、石英ファイバでは得ることのできない波長のレーザ光を発生させることができる。そのため、非石英系ファイバを用いて発生させたレーザ光は、加工分野にとどまらず、医療分野、センサ、情報記録、光情報ネットワーク等の様々な分野で利用することができる。

#### 【0 0 1 2】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかし、特開平 1 0 - 1 3 5 5 4 8 及び特開平 1 0 - 1 9 0 0 9 7 で開示されている装置では、ファイバを渦巻き状に巻き付ける等ファイバの配置形成が面倒であるという問題点がある。

#### 【0 0 1 3】

また、上記装置では、励起光がファイバ内部の活性物質を横切る方向に伝搬していくため、この励起光がコアークラッド間で散乱され、励起光の吸収効率が低下するという問題点もある。特に、非石英系ファイバの場合、その結晶化に対する安定性は石英系ファイバと比べてかなり低いため、元々、非石英系ファイバ自体散乱による損失が大きい。そのため、この励起光のコアークラッド間での散乱による損失は、より深刻な吸収効率の低下となって表れる。このような問題を有する非石英系ファイバとしては、フッ化物、カルコゲナイド、オキシカルコゲナイド、オキシフルオライド、テルライト、磷酸塩、アルミネート系ガラス、シリ

カーアルミネート系ガラス等が挙げられる。なお、磷酸塩やシリカーアルミネート系ガラスは結晶化に対する安定性は十分であっても、るつぼからのコンタミネーションにより、CVDを基本にした石英系ファイバと同等の低損失なファイバを作成することが困難である。

#### 【0014】

さらに、石英系ファイバを用いる場合、 $Yb^{3+}$ 、 $Er^{3+}$ 、 $Ce^{3+}$ 、 $Tm^{3+}$ 、 $Ho^{3+}$ 等の希土類イオンをその発光効率の劣化を伴わずに高濃度でドープすることは難しい。これは、高濃度にドープすると希土類イオンのクラスター化が促進され、吸収はそのままでも発光の効率が低くなる為である。そのため、発振しきい値の低下および増幅効率の向上を図るためには、比較的低濃度のドープで吸収長の長いファイバを必要とすることとなり、上記装置においても比較的長いファイバを必要とするという問題点もある。これは、比較的吸収係数が小さい4準位系のレーザ発信を行うイオンを含んだ石英系ファイバにおいても同様である。

#### 【0015】

本発明はこのような点に鑑みてなされたものであり、非石英系ファイバ、或いは3準位系又は4準位系のレーザ発振を行なうイオン種を含んだ石英系ファイバを用い、作成が容易で、励起光の散乱による損失が低く、吸収効率が高いファイバレーザを提供することを目的とする。

#### 【0016】

また、本発明の他の目的は、非石英系ファイバ、或いは3準位系又は4準位系のレーザ発振を行なうイオン種を含んだ石英系ファイバを用い、作成が容易で、励起光の拡散損失が低く、吸収効率が高い光アンプを提供することを目的とする。

#### 【0017】

##### 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、非石英系ファイバを使用してレーザ発振を行うファイバレーザにおいて、レーザ活性物質を含み、少なくとも一つの光路を形成する光ファイバが束状になっている光ファイバ束と、前記光ファイバ束に前記レーザ活性物質を励起するための励起光を導入する励起光導入部と、少なくとも前記



光ファイバ束の側面の一部を覆い、励起光を反射して繰返し前記レーザ活性媒質に吸収されるように配置された励起光反射部と、前記励起光により励起されたレーザ活性物質に起因するレーザ光を出力するレーザ出力部とを有することを特徴とするファイバレーザが提供される。

上記のファイバレーザでは、励起光導入部から導入された励起光は励起光反射部で反射しながら、光ファイバ束に吸収される。光ファイバ束はその各光ファイバごとにレーザ活性物質を持つため、損失の大きい非石英系ファイバであっても励起光の吸収率は非常に高くなる。

また、石英系ファイバを使用してレーザ発振を行うファイバレーザにおいて、 $\text{Yb}^{3+}$ 、 $\text{Er}^{3+}$ 、 $\text{Ce}^{3+}$ 、 $\text{Tm}^{3+}$ 、 $\text{Ho}^{3+}$ から選ばれる少なくとも 1 種類のレーザ活性物質を含み、少なくとも一つの光路を形成する光ファイバが束状になっている光ファイバ束と、前記光ファイバ束に前記レーザ活性物質を励起するための励起光を導入する励起光導入部と、少なくとも前記光ファイバ束の側面の一部を覆い、励起光を反射して繰返し前記レーザ活性媒質に吸収されるように配置された励起光反射部と、前記励起光により励起されたレーザ活性物質に起因するレーザ光を出力するレーザ出力部とを有することを特徴とするファイバレーザが提供される。

上記のファイバレーザでは、励起光導入部から導入された励起光は励起光反射部で反射しながら、光ファイバ束に吸収される。光ファイバ束はその各光ファイバごとにレーザ活性物質を持つため、希土類イオンを低濃度でドーピングされた石英ファイバであっても励起光の吸収率は非常に高くなる。

#### 【0018】

さらに、非石英系ファイバを使用して光増幅を行う光アンプにおいて、活性物質を含む光ファイバが束状になっている光ファイバ束と、前記光ファイバ束に励起光を導入する励起光導入部と、少なくとも前記光ファイバ束の側面の一部を覆い、前記励起光を反射して繰返し前記活性媒質に吸収されるように配置された励起光反射部と、前記励起光により励起された活性物質により増幅された信号光を出力する出力部とを有することを特徴とする光アンプが提供される。

上記の光アンプでは、励起光導入部から導入された励起光は励起光反射部で反射

しながら、光ファイバ束に吸収される。光ファイバ束はその各光ファイバごとにレーザ活性物質を持つため、損失の大きい非石英系ファイバであっても励起光の吸収率は非常に高くなる。

#### 【0019】

また、石英系ファイバを使用して光増幅を行う光アンプにおいて、 $Yb^{3+}$ 、 $Er^{3+}$ 、 $Ce^{3+}$ 、 $Tm^{3+}$ 、 $Ho^{3+}$ から選ばれる少なくとも1種類のレーザ活性物質を含み、少なくとも一つの光路を形成する光ファイバが束状になっている光ファイバ束と、前記光ファイバ束に励起光を導入する励起光導入部と、少なくとも前記光ファイバ束の側面の一部を覆い、前記励起光を反射して繰返し前記活性媒質に吸収されるように配置された励起光反射部と、前記励起光により励起された活性物質により増幅された信号光を出力する出力部とを有することを特徴とする光アンプが提供される。

#### 【0020】

上記の光アンプでは、励起光導入部から導入された励起光は励起光反射部で反射しながら、光ファイバ束に吸収される。光ファイバ束はその各光ファイバごとにレーザ活性物質を持つため、希土類イオンを低濃度でドープされた石英ファイバであっても励起光の吸収率は非常に高くなる。

#### 【0021】

##### 【発明の実施の形態】

以下本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

まず、本発明における第1の実施の形態について説明する。

#### 【0022】

図1は、第1の実施の形態におけるファイバレーザ1の構成図である。

本形態のファイバレーザ1は、レーザ活性物質を有する1本のレーザファイバ10、レーザファイバ10を束ねるバンドル部20及びレーザファイバ10に励起光を導入する励起光導入用ファイバ30により構成されている。

#### 【0023】

レーザファイバ10は複数箇所を折り返され、それらの折り返し部分とその次の折り返し部分の間をバンドル部20内に格納して束ねることにより、折り返

したレーザファイバ 1 0 の束を形成している。レーザファイバ 1 0 の折り返し部分 1 0 a 及び 1 0 b はバンドル内には格納されず、バンドル部 2 0 の外部に配置される。バンドル部 2 0 の外部に配置されるレーザファイバ 1 0 の折り返し部分 1 0 a 及び 1 0 b は、レーザファイバ 1 0 を後述する透明樹脂フッ素樹脂クラッドで覆う構造となっている。この透明樹脂フッ素樹脂クラッドが第 2 クラッドの働きをすることとなる。

#### 【 0 0 2 4 】

励起光導入用ファイバ 3 0 は、その先端がファイバ収納ボックス 4 の内部に達するように取り付けられ、その先端から励起光をバンドル部 2 0 内に照射する。励起光源としては、一般に市販されている波長  $1.5 \mu\text{m}$ 、 $0.98 \mu\text{m}$ 、 $0.9 \mu\text{m}$ 、 $0.8 \mu\text{m}$ 、 $0.67 \mu\text{m}$  の LD 等を用いる。その外に LD 励起の固体レーザを励起光源にすることもできる。この場合、 $1.06 \mu\text{m}$ 、 $1.1 \mu\text{m}$ 、 $0.53 \mu\text{m}$  等の波長が使用できる。

#### 【 0 0 2 5 】

図 2 は、図 1 のバンドル部 2 0 の A - A 断面図である。

バンドル部 2 0 は、ガラスクラッド 1 2 及びレーザ活性物質であるドープコア 1 1 を有するレーザファイバ 1 0、ガラスクラッド 1 2 と光の屈折率がほぼ等しいマッチングオイル 2 3、ガラスクラッド 1 2 及びマッチングオイル 2 3 よりも光の屈折率の低い透明フッ素樹脂クラッド 2 2 及び表面を金メッキ加工された鏡面金メッキ金属治具 2 1 により構成されている。

#### 【 0 0 2 6 】

レーザファイバ 1 0 は、ドープコア 1 1 を中心とし、その外部をガラスクラッド 1 2 で覆った同軸構造をとっており、複数回折り返されたレーザファイバ 1 0 は、マッチングオイル 2 3 によってその隙間を満たされている。

#### 【 0 0 2 7 】

レーザファイバ 1 0 としてフッ化物ガラスやカルコゲナイドガラス、テルライトガラス等を用いた非石英系ファイバを用いる場合、その低いマルチフォノン吸収によって、石英系ファイバでは実現し得ない主に中赤外域の波長を含むレーザ発振が可能になる。例えば、ドープコア 1 1 の材質として  $\text{Ce}^{3+}$  を用いた場合、

発信されるレーザの波長は  $5\ \mu\text{m}$  であり、 $\text{Pr}^{3+}$  を用いた場合には、 $5\ \mu\text{m}$ 、 $1.3\ \mu\text{m}$  及び  $2.3\ \mu\text{m}$  の波長のレーザ光を発信することができる。その他、非石英系ファイバにおけるドーブコア 2 a の材質と、それらに対応する発信レーザの波長を羅列すると、 $\text{Nd}^{3+}$  :  $5\ \mu\text{m}$ 、 $2.5\ \mu\text{m}$  /  $\text{Tb}^{3+}$  :  $5\ \mu\text{m}$  /  $\text{Dy}^{3+}$  :  $3\ \mu\text{m}$ 、 $1.34\ \mu\text{m}$ 、 $1.7\ \mu\text{m}$  /  $\text{Ho}^{3+}$  :  $5\ \mu\text{m}$ 、 $4\ \mu\text{m}$ 、 $3\ \mu\text{m}$ 、 $2\ \mu\text{m}$  /  $\text{Er}^{3+}$  :  $3\ \mu\text{m}$ 、 $3.5\ \mu\text{m}$ 、 $4\ \mu\text{m}$  /  $\text{Tm}^{3+}$  :  $5.5\ \mu\text{m}$ 、 $4\ \mu\text{m}$ 、 $2\ \mu\text{m}$ 、 $1.2\ \mu\text{m}$  /  $\text{Eu}^{2+}$  :  $0.4 \sim 0.5\ \mu\text{m}$  のようになる。

#### 【0028】

また、一般にフッ化物ガラスやカルコゲナイドガラス、テルライトガラス等は、ESA（励起準位からの吸収）による多光子吸収も石英系ガラスに比べてその強度が大きく、長波長から短波長への振動数上方変換が可能である。例えば  $\text{Er}^{3+}$  による緑色光レーザ、 $\text{Pr}^{3+}$  による赤、緑、青色レーザ、 $\text{Tm}^{3+}$  による青色レーザ等が知られている。

#### 【0029】

また光アンプにおいては  $\text{Pr}^{3+}$  を添加したフッ化物またはカルコゲナイドガラスファイバで、石英系ファイバでは増幅困難な  $1.3\ \mu\text{m}$  帯の波長の光信号を増幅することもできる。また、 $\text{Er}^{3+}$  を添加した多成分アルミノシリケートガラスやテルライトガラスではその  $1.5\ \mu\text{m}$  帯域の光信号増幅において増幅利得の波長依存性が石英系ファイバに比べて少なく、波長多重光通信において非常に広帯域の増幅が可能になる。

#### 【0030】

このようなレーザファイバ 10 の束及びマッチングオイル 23 は透明フッ素樹脂クラッド 22 により覆われ、透明フッ素樹脂クラッド 22 は、その外部を鏡面金メッキ金属治具 21 により覆われている。

#### 【0031】

次に、図 1 における B 部の詳細構成を図 3 に示す。

B 部には、励起光導入用ファイバ 30 の先端が配置され、この励起光導入用ファイバ 30 の先端から励起光を照射することにより、レーザファイバ 10 に励起光を導入する。励起光導入用ファイバ 30 には、比較的太い径のもの及び市販の

高出力レーザダイオードと結合の良い帯状のファイバを使用する。

#### 【0032】

図3において、 $\theta_p$ は励起光導入用ファイバ30の全反射臨界角を示しており、励起光導入用ファイバ30から照射される励起光は、 $2 \times (90 - \theta_p)$ の角度で広がりをもった光としてレーザファイバ10内に導入される。

#### 【0033】

$\theta_b$ は、マッチングオイル23と透明フッ素樹脂クラッド22における全反射臨界角を示しており、この全反射臨界角 $\theta_b$ 以内の角度で透明フッ素樹脂クラッド22に達した励起光は、透明フッ素樹脂クラッド22で全反射され、透明フッ素樹脂クラッド22内部に閉じこめられることとなる。

#### 【0034】

励起光の導入部であるB部は、励起光の導入の効率を図るため、レーザファイバ10及び透明フッ素樹脂クラッド22に広がりをもたせており、図3の場合、B部におけるレーザファイバ10及び透明フッ素樹脂クラッド22は、バンドル部20の中心軸に対し、外部に $\theta_t$ の角度をもった広がりをもっている。

#### 【0035】

ここで、励起光導入用ファイバ30からレーザファイバ10に導入されるすべての励起光は透明フッ素樹脂クラッド22で全反射されバンドル部20内に導入されることが望ましいが、その為には励起光導入用ファイバ30から照射される励起光と透明フッ素樹脂クラッド22表面からなる角度が、全反射臨界角 $\theta_b$ 以下である必要がある。この励起光導入用ファイバ30から照射される励起光と透明フッ素樹脂クラッド22表面からなる角度がもっとも大きくなるのは、励起光導入用ファイバ30から照射された励起光が、上記に述べたバンドル部20の中心軸に対し外部に $\theta_t$ の角度の広がりをもった透明フッ素樹脂クラッド22に到達するときであり、その時の励起光導入用ファイバ30から照射される励起光と透明フッ素樹脂クラッド22表面からなる角度は、 $(\theta_p + \theta_t)$ で表される。そのため、B部のレーザファイバ10及び透明フッ素樹脂クラッド22の広がり角は、B部の外部への広がり角 $\theta_t$ が $(\theta_p + \theta_t) < \theta_b$ を満たすように構成される。

この構造はバンドル端終端（励起光導入の方向を順方向と見て）において用いることも可能であり、この場合バンドル部 2 0 で吸収しきれなかった励起光も効率 6 0 % 以上で再利用が可能になる（この場合、バンドル部 2 0 からはみ出したレーザファイバ部 1 0 b は、第 2 クラッドを設けた構造にするのが望ましい）。

#### 【0 0 3 6】

次に、図 1 及び図 2 を用いて、本形態のファイバレーザ 1 の動作について説明する。

励起光導入用ファイバ 3 0 から励起光がバンドル部の B 部から導入されると、その励起光はバンドル部 2 0 の内部に束ねられたレーザファイバ 1 0 を横切り、透明フッ素樹脂クラッド 2 2 で全反射を繰り返しながらバンドル部 2 0 を進んでいく。ここで、透明フッ素樹脂クラッド 2 2 で全反射された励起光は再びレーザファイバ 1 0 の束を横切ることになるため、バンドル部 2 0 に導入された励起光は、透明フッ素樹脂クラッド 2 2 で全反射を行うたびにレーザファイバ 1 0 の束を横切ることになる。

#### 【0 0 3 7】

励起光がレーザファイバ 1 0 の束を横切る際、その励起光はそのレーザファイバ 1 0 が有するドープコア 1 1 の束に導入されることとなり、また励起光は透明フッ素樹脂クラッド 2 2 で全反射を繰り返しながら複数回レーザファイバ 1 0 の束を横切ることとなるため、導入された励起光は複数回ドープコア 1 1 の束に導入されることとなる。

#### 【0 0 3 8】

ここで、ガラスクラッド 1 2 及びマッチングオイル 2 3 の光の屈折率はほぼ等しいため、光学的には透明フッ素樹脂クラッド 2 2 内部に多数のドープコア 1 1 のみが存在しているのと等価になり、励起光は透明フッ素樹脂クラッド 2 2 で反射しながら、バンドル部 2 0 内部のレーザファイバ 1 0 の長手方向に進み、ドープコア 1 1 に吸収されていく。

#### 【0 0 3 9】

このように励起光を導入されたドープコア 1 1 はレーザ光を発生することとなり、そのように発生したレーザ光はレーザファイバ 1 0 の両端部 1 0 c 及び 1 0

d より取り出されることとなる。

#### 【0 0 4 0】

ここで、レーザファイバ 1 0 として  $\text{Er}^{3+}$  イオンをコアにドープしたフッ化物ガラスを用い、励起光導入部 3 0 より波長 7 8 0 nm の LD 励起光をパルス的に導入すると、レーザファイバ 1 0 から波長 3  $\mu\text{m}$  付近のパルスレーザが発振される。ここで励起光を連続導入することによってレーザの連続発振も可能である。この波長のレーザは生体内部での水に対する吸収が大きいので、主に医療用として用いられる。

#### 【0 0 4 1】

以上のように、本形態では、1 本の連続したレーザファイバ 1 0 を複数回折り返して束ね、その束の隙間をマッチングオイル 2 3 で満たし、レーザファイバ 1 0 の束及びマッチングオイル 2 3 を透明フッ素樹脂クラッド 2 2 及び鏡面金メッキ金属治具 2 1 で覆い、そこに励起光を導入することとしたため、導入された励起光は、透明フッ素樹脂クラッド 2 2 及び鏡面金メッキ金属治具 2 1 で反射しながら、レーザファイバ 1 0 の束が有する個々ドープコア 1 1 に吸収されることとなり、励起光の吸収率は非常に高くなり、発振効率を向上させることが可能となる。ここで、コアに  $\text{Yb}^{3+}$ 、 $\text{Er}^{3+}$ 、 $\text{Ce}^{3+}$ 、 $\text{Tm}^{3+}$ 、 $\text{Ho}^{3+}$  イオンをドープした石英系ファイバを用いた場合、紫外から近赤外域までさまざまな波長のレーザを発生することができる。これらは 3 準位系のレーザになるものがほとんどで、そのため励起光波長とレーザ発振波長を接近させることができる。これにより、量子効率を 9 9 % 近くの非常に高い値まで設定することができる。また、 $\text{Yb}^{3+}$  をコアにドープした石英系ファイバを用いた場合、波長 0. 9  $\mu\text{m}$  の LD を光源にすることにより、波長 1. 0  $\mu\text{m}$  ~ 1. 1 5  $\mu\text{m}$  までの広い範囲のレーザを発振させることができる。この時、 $\text{Yb}^{3+}$  イオンには発振波長において吸収が本質的に存在するが、実効の発光効率がこの吸収を上回ることによりレーザ発振しきい値を低下させることができる。これは、吸収係数の比較的低い発光種が含まれている 4 準位系のレーザ場合についても同様である。

なお、本形態では、励起光導入用部 3 0 を 1 本のみ用い、バンドル部 2 0 の一方側からのみ励起光を導入することとしたが、励起光導入用ファイバ 3 0 をさらに

もう一本用い、バンドル部 2 0 の両側から励起光を導入することとしてもよい。

#### 【0 0 4 2】

また、本形態では、レーザファイバ 1 0 間をマッチングオイル 2 3 で満たすこととしたが、励起波長において透明かつ屈折率がガラスクラッド 1 2 とほぼ等しい熱可塑性の樹脂、或いは熱硬化性の樹脂等の固体物質を使用することとしてもよい。

#### 【0 0 4 3】

さらに、無機ガラスによってレーザファイバ 1 0 間を埋めることとしてもよい。

また、本形態では、本構成をファイバレーザとして用いることとしたが、光アンプとして用いることとしてもよい。

#### 【0 0 4 4】

以下、本考案に基づいた実施例を列挙する。なお、本発明は以下の実施例のみに限定されるものではない。

#### 【0 0 4 5】

##### 【実施例 1】

第 1 の実施の形態において、コア径  $100\ \mu\text{m}$ 、クラッド径  $125\ \mu\text{m}$ 、開口数 0.2 のフッ化アルミニウム-フッ化ジルコニウムを主成分とするフッ化物ガラス（以下 A Z F ガラスとする）ファイバのコア内部に 1 w t % の  $\text{Er}^{3+}$  イオンをドープしたレーザファイバを連続でバンドル部分長が 200 mm になるように折り返した。バンドルの折り返し数は 22 回。ファイバ往復あたり 800 mm で全長 9 m のファイバを使用した。レーザファイバの背景損失は波長  $2.8\ \mu\text{m}$  で 50 dB/km であった。バンドル部からはみ出したファイバ部には屈折率が 1.34 の透明弗素系樹脂を塗布し、バンドル部分のファイバとファイバの隙間には、屈折率 1.443、波長  $0.5\ \mu\text{m} \sim 1.4\ \mu\text{m}$  にわたって透明な紫外線硬化樹脂を泡が入らないように埋め込んだ。この時、埋め込み用の樹脂は熱可塑性の樹脂、熱硬化性の樹脂、また流動性の有機媒体などを利用することができる。このバンドル部を屈折率 1.34 の透明弗素樹脂を表面に塗布した純金めっき（鏡面）割り型金属治具で囲い込んだ。この際、バンドル部の端面には断面形状が 1



、 $0 \times 0.3$  mmの矩形で、開口数が約0.2の励起光導入用ファイバを差し込んだ。この時励起光導入部分ではバンドル径の増大に伴うテーパ部の角度が $10^\circ$ 以下になるように調節した。レーザファイバの端面（片端）には波長 $2.8 \mu\text{m}$ の光を99%反射する様に反射コーティングを施し、この端面から出力25 dBmのEDFA（エルビウムドープファイバンプ）からの出力光（波長は $1.53 \mu\text{m}$ ）を投入した。もう片端には波長 $1.53 \mu\text{m}$ での無反射コートを行った。励起光導入用ファイバの片端には発振波長約 $0.98 \mu\text{m}$ 、最大出力10 Wの半導体レーザをシリンドリカルレンズによって結合、導入し、バンドル部分に導入した。その結果、波長 $2.8 \mu\text{m}$ 帯で出力5 Wのレーザ発振を確認できた。なお、フッ化物ガラスの種類としてはAZFの他にもフッ化アルミニウムを主成分とするフッ化物ガラス、フッ化ジルコニウムを主成分とするフッ化物ガラスやフッ化インジウムを主成分とするフッ化物ガラスも使用できる。しかし損失、耐レーザ特性、耐候性、屈折率（屈折率が高いと埋め込み用の樹脂の選択が難しくなる）などの点からAZFが最も好ましい。

#### 【0046】

次に、本発明における第2の実施の形態について説明する。

図4は、第2の実施の形態におけるファイバレーザ40の構成図である。

レーザ光発生装置40は、1つなぎりのレーザファイバ10、レーザファイバ10を巻き付ける巻き付けドラム42、励起光導入用ファイバ30、マッチングオイル導入部44、マッチングオイル排出部45、反射ミラー46、バンドル部47、Oリング48、隔壁49、内面を金メッキ処理され、さらにその表面を透明フッ素樹脂加工された金属治具41によって構成されている。

#### 【0047】

レーザファイバ10は、複数箇所では折り返されバンドル部47に束ねられる。レーザファイバ10の折り返し部分は、バンドル部47の両端に位置する巻き付けドラム42に巻き付けられ固定される。レーザファイバ10の一方の端面には反射ミラー46が設置され、もう一方の端面は破断面のまま配置される。

#### 【0048】

バンドル部47のレーザファイバ10の長手方向における両端部分には複数の

励起光導入用ファイバ 3 0 の先端が配置され、バンドル部 4 7 内への励起光の導入を行う。

#### 【0 0 4 9】

バンドル部 4 7 の長手方向の中央部分には、バンドル部 4 7 を挟み込むように隔壁 4 9 が取り付けられ、隔壁 4 9 の外側には O リング 4 8 が取り付けられる。

#### 【0 0 5 0】

そして、このように配置されたレーザファイバ 1 0、巻き付けドラム 4 2、励起光導入用ファイバ 3 0、バンドル部 4 7、隔壁 4 9、O リング 4 8 は、箱状の金属治具 4 1 内部に納められ、さらにその上部を、内部を金メッキし、さらにその表面を透明フッ素樹脂で覆った板によりふさがれる。

#### 【0 0 5 1】

この際、レーザファイバ 1 0 の両端部分及び励起光導入用ファイバ 3 0 のバンドル部に接続されていない側の端面部分は、金属治具 4 1 の外部に配置される。

隔壁 4 9 は金属治具 4 1 内部を 2 つの領域に分割し、O リング 4 8 はその機密性を高める。隔壁 4 9 によって分割された一方の領域には、マッチングオイル導入部 4 4 が接続され、もう一方の領域にはマッチングオイル排出部 4 5 が取り付けられる。

#### 【0 0 5 2】

次に、図 4 を用いてファイバレーザ 4 0 の動作について説明する。

マッチングオイル導入部 4 4 から導入されたマッチングオイルは、隔壁 4 9 により分岐された一方の領域をみだし、その後バンドル部 4 7 内部を流動して隔壁 4 9 により分岐されたもう一方の領域に達する。その後、マッチングオイルはその領域を満たし、マッチングオイル排出部 4 5 から排出される。

#### 【0 0 5 3】

励起光導入ファイバ 1 0 から導入された励起光は、バンドル部 4 7 内で反射を繰り返しながらレーザファイバ 1 0 に達し、励起光が照射されたレーザファイバ 1 0 はレーザ光を発生する。発生したレーザ光はレーザファイバ 1 0 の両端に伝わり、反射ミラー 4 6 が設置されていない端面に達したレーザ光はそこから取り

出され、反射ミラー 4 6 が配置されている側に達したレーザ光は、そこで反射され、反射ミラー 4 6 が設置されていない端面から取り出される。

#### 【0 0 5 4】

このような構成としても、第 1 の実施の形態と同様な効果が得られる。

また、本形態では、マッチングオイルを循環させることとしたため、マッチングオイル及びレーザファイバ 1 0 の耐久性を向上させることができる。

#### 【0 0 5 5】

なお、本形態では、本構成をファイバレーザとして用いることとしたが、反射ミラー 4 6 を取り除き、光アンプとして用いることとしてもよい。

#### 【0 0 5 6】

##### 【実施例 2】

第 2 の実施の形態において、コア径  $80\ \mu\text{m}$ 、クラッド径  $125\ \mu\text{m}$ 、開口数 0. 2 の石英系ガラスファイバでコア内部に 0. 5 a t % の  $\text{Nd}^{3+}$  イオンをドープしたレーザファイバを連続でバンドル部分長が  $250\ \text{mm}$  になるように折り返した。バンドルの折り返し数は 1 7 4 回、ファイバー往復あたり  $1000\ \text{mm}$ 、全長  $90\ \text{m}$  のファイバを使用した。バンドル部の両端面に断面形状  $10. 0 \times 0. 4\ \text{mm}$  矩形の励起光導入用ファイバ 5 本、合計 1 0 本を差し込み、屈折率 1. 3 4 の透明弗素樹脂を表面に塗布した純金めっき（鏡面）で矩形断面状かつ図 4 のように中央に隔壁を取り付けた形状の金属治具（地金は真鍮）に囲い込んだ。励起光導入部分より外にはみ出した部分のみレーザファイバには屈折率 1. 3 4 の透明弗素樹脂、励起光導入用ファイバには屈折率 1. 4 4 5 の透明紫外線硬化樹脂を塗布してある。このように構成したレーザ本体を外側の金属筐体中に収め、オイル循環ポンプに接続して屈折率 1. 4 5 8 の透明マッチングオイルを筐体内部に流し込み、圧力をかけてレーザバンドル部分を透過するようにマッチングオイルを循環させた。圧力は  $3\ \text{kg}/\text{cm}^2$  とした。レーザファイバの端面は両方とも筐体内部から取り出し圧力がもれないようにファイバの取り出し部分にはしっかりと樹脂で封止した。レーザファイバの片端には波長  $1. 03\ \mu\text{m}$  の光を 9 9 % 反射するミラーを押し付け、もう一方の片端面は破断面そのままとした。

#### 【0 0 5 7】

励起光導入用ファイバのそれぞれの片端（10個所）には発振波長約0.98  $\mu$ m、最大出力100Wの半導体レーザをシリンドリカルレンズによって結合、励起光をバンドル部分に導入した。その結果、波長1.03  $\mu$ m帯で出力0.8 kWのレーザ発振を確認できた。マッチングオイルの励起光レーザによるレーザ損傷は全く観察されなかった。

#### 【0058】

次に、本発明における第3の実施の形態について説明する。

図5は第3の実施の形態におけるファイバレーザ50の構造図である。

第1の実施の形態におけるファイバレーザ1がバンドル部20内でレーザファイバ10の束をマッチングオイル23で満たしていたのに対し、第2の実施の形態におけるファイバレーザ50は、レーザファイバ10の束をバンドル部51内でお互いに融着させることによって一体化させている。

#### 【0059】

図6は、図5のバンドル部51のD-D断面図である。

本形態のファイバレーザ50におけるバンドル部51は、ドーブコア51c、ガラスクラッド51b、クラッド層51d及び金メッキ層51aによって構成されている。

ドーブコア51c及びガラスクラッド51bは、レーザファイバ10を複数箇所を折り返し、その折り返しの束を加熱することにより隣接するガラスクラッド51b同士を融着して形成される。このように形成されたドーブコア51cを含んだガラスクラッド51bは、ガラスクラッド51bよりも屈折率の低いクラッド層51d（具体例としては透明弗素樹脂或いは無機ガラス）により覆われ、さらにクラッド層51dの表面は、金メッキ層51aで覆われる。

#### 【0060】

バンドル部51の励起光導入部Eの構成については、第1の実施の形態において図3により説明したものと同様な構成とする。

また、バンドル部51以外の構成については、第1の実施の形態と同様であるため説明を省略する。

#### 【0061】

このように、折り返された複数のレーザファイバ 1 0 を融着してバンドル部 5 1 を構成することとしても、第 1 の実施の形態と同様な効果が得られる。

なお、本形態では、本構成をファイバレーザとして用いることとしたが、光アンプとして用いることとしてもよい。

#### 【0 0 6 2】

##### 【実施例 3】

第 3 の実施の形態において、コア径  $80\ \mu\text{m}$ 、クラッド径  $125\ \mu\text{m}$ 、開口数 0.35 の G a - N a - S 系ガラスファイバでコア内部に 0.4 at % の P r 3 + イオンをドープしたレーザファイバを連続でバンドル部分長が 200 mm になるように折り返した。バンドルの折り返し数は 90 回、ファイバー往復あたり 800 mm、全長 40 m のファイバを使用した。バンドル部の端面に断面形状 1.0 × 0.2 mm 矩形なおかつ中央部分が細く引き伸ばされたタイプの開口数約 0.2 の励起光導入用ファイバ（クラッド用の G a - N a - S 系ガラスで作成）を差し込み、全体を厚さ 1 mm、内径 3 × 5 mm の矩形断面形状の鉛-シリカガラス製チューブで囲い込んで、バンドル上部を励起光導入用ファイバのピグテール部分にしっかりと括り付けてカルコゲナイド用線引き炉内に設置し、硫化水素 5 % を含むヘリウム雰囲気下で約 550 °C に加熱して矩形断面形状の鉛-シリカガラス製チューブごとファイババンドル部を徐々に約 1.6 倍の長さになるように引き伸ばした。バンドル部分を部分的に徐々に融着させ、引き延ばし、さらに雰囲気ガスとして泡の残りにくいヘリウムを使用したので泡や、異物がほとんど取り込まれず、高品質の融着が可能であった。また、雰囲気中の硫化水素によってカルコゲナイドガラスファイバーの表面の結晶化が抑えられた。この引き延ばしによってバンドル内部の平均コア径は  $50\ \mu\text{m}$  になる。しかし、励起光の完全導入のためにテーパー角 10° 以下の緩やかな外径変化としたので、径の変動に伴う損失は低い。冷却した後、励起光導入用ファイバの未融着部分には屈折率 1.445 の紫外線硬化樹脂を塗布して硬化させた後、バンドル部分全体に金-水銀アマルガムを塗布して減圧容器中で 200 °C に加熱し、水銀を除去して金めっきした。鉛-シリカガラス製チューブは屈折率が 1.73 であり、カルコゲナイドガラスのクラッドの屈折率は 2.14 なのでバンドル部分を覆うクラッド相の

役目を果たす。レーザファイバの端面は無処理（すなわちフレネル反射約 4 %）とした。励起光導入用ファイバの片端には発振波長約 1 4 8 0 n m、最大出力 0 . 2 5 W の E r ドープファイバー増幅器 1 6 台からの光をクラッド径 1 2 5  $\mu$  m のファイバーで励起光導入用ファイバーの片端あたり 8 本並べて入射し、バンドル部分に導入した。その結果、波長 5  $\mu$  m 帯で出力 1 W のレーザ発振を確認できた。

#### 【0 0 6 3】

次に、本発明における第 4 の実施の形態について説明する。

図 7 は、第 4 の実施の形態におけるファイバレーザ 6 0 の構成図である。

本形態のファイバレーザ 6 0 は、第 1 の実施の形態におけるファイバレーザ 1 の応用例であり、金メッキ加工しさらにその表面を透明フッ素樹脂で覆った金属治具 6 2、励起光導入ファイバ 3 0、レーザファイバ 1 0 及び反射ミラー 6 1 により構成されている。

#### 【0 0 6 4】

金属治具 6 2 には、六角形の辺を形作る溝が設けられており、その溝に沿ってレーザファイバ 1 0 が配置されている。レーザファイバ 1 0 は、この六角形の辺に沿って複数回巻き付けられ、その両端を金属治具 6 2 の外部に引き出される。ここで、レーザファイバ 1 0 の金属治具 6 2 から引き出された部分には第 2 クラッドを設けておく。引き出されたファイバレーザ 1 0 の一端は、反射ミラー 6 1 に取り付けられる。また、六角形の辺を形作る溝はマッチングオイルで満たされており、これにより金属治具 6 2 内部に配置されるレーザファイバ 1 0 の隙間を埋めている。

#### 【0 0 6 5】

さらに、金属治具 6 2 は、先に述べた六角形の辺を形作る溝の角辺の延長線上に 1 つずつ、金属治具 6 2 の外部に通ずる溝を有しており、この溝はこの六角形の辺を形作る溝と金属治具 6 2 の外部とをつないでいる。そして、この六角形の辺を形作る溝と金属治具 6 2 の外部をつなぐ溝に沿って励起光導入用ファイバ 3 0 が 1 つずつ配置されており、これらの励起光導入用ファイバ 3 0 により、金属治具 6 2 内のレーザファイバ 1 0 に励起光を導入する。

## 【0066】

励起光の導入により生じたレーザ光は、レーザファイバ10の両端に達する。反射ミラー61を有する側に達したレーザ光はそこで反射され、最終的に反射ミラー61を有しないレーザファイバ10のもう一方側から取り出される。これにより、レーザファイバ10の反射ミラー61を有しない一端から集中してレーザ光を取り出すことができる。

## 【0067】

このような構成としても、第1の実施の形態と同様な効果が得られる。

なお、本形態では、本構成をファイバレーザとして用いることとしたが、反射ミラー61を取り除き、光アンプとして用いることとしてもよい。

## 【0068】

## 【実施例4】

第4の実施の形態において、コア内部に5000ppmw tの $\text{Er}^{3+}$ イオンと5wt %の $\text{Yb}^{3+}$ イオンをドーピングした $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Y}_2\text{O}_3\text{-MgO}$ 系ガラスから構成されるコア径10 $\mu\text{m}$ 、クラッド径125 $\mu\text{m}$ 、開口数0.11のレーザファイバを用いた。金属治具は真鍮をベース素材とし、その内部表面は鏡面純金メッキ処理され、さらにその表面を屈折率1.34の透明弗素樹脂で覆っている。金属治具内の直径は380mm程度とし、その金属治具内部に構成された六角形の溝にレーザファイバを巻き付け収納した。金属治具内部の六角形各辺の接線方向から周長200mm毎に直径600 $\mu\text{m}$ の励起光導入用ファイバ6本を差し込んだ。レーザファイバ断面方向には90本のコアが存在する。レーザファイバは全長120mとした。屈折率1.55の透明マッチングオイルを金属治具内部に流し込み、しっかりと蓋（これも鏡面の純金めっきに屈折率1.34の弗素樹脂をコートしたもの）をした。このように構成したレーザ本体を同じく屈折率1.55のマッチングオイルを入れた筐体内部に収め、全体から脱気して泡を抜いた。励起光導入用ファイバおよびレーザファイバの端面は全て筐体内部から取り出した。レーザファイバの片端には波長1.530～1.560 $\mu\text{m}$ までの波長多重信号光光源を接続し、もう一方の片端面は10°の斜め研磨を施した。

。

**【0069】**

励起光導入用ファイバのそれぞれの片端（6 箇所）には発振波長約  $0.98\ \mu\text{m}$ 、最大出力  $0.25\ \text{W}$  の半導体レーザを結合し、励起光をバンドル部分に導入した。その結果、最大合計  $30\ \text{dBm}$  の信号光出力を得た。また、6 本の励起光光源の強度比率を変更することにより多波長増幅の際の増幅出力スペクトル形状をコントロールすることができた。

**【0070】**

また、以上の説明において使用するレーザファイバ 10 の断面形状は円形のものを用いたが、矩形、D 型及び樽型等その他の形状のものを用いてもよい。

**【0071】****【発明の効果】**

本発明のファイバレーザでは、非石英系ガラスファイバからなる光ファイバ束を励起光反射部で覆い、励起光導入部から励起光を導入する構成としたので、導入された励起光は、励起光反射部で反射しながら光ファイバ束とほぼ平行に進み、光ファイバ束の個々のコアに吸収され、励起光の吸収率は非常に高くなり、発振効率が向上する。

**【0072】**

また、本発明のファイバレーザでは、 $\text{Yb}^{3+}$ 、 $\text{Er}^{3+}$ 、 $\text{Ce}^{3+}$ 、 $\text{Tm}^{3+}$ 、 $\text{Ho}^{3+}$  から選ばれる少なくとも 1 種類コアとする石英系ガラスファイバからなる光ファイバ束を励起光反射部で覆い、励起光導入部から励起光を導入する構成としたので、導入された励起光は励起光反射部で反射しながら光ファイバ束とほぼ平行に進み、光ファイバ束の個々のコアに吸収され、励起光の吸収率は非常に高くなり、発振効率が向上する。

**【0073】**

さらに、本発明の光アンプでは、非石英系ガラスファイバからなる光ファイバ束を励起光反射部で覆い、励起光導入部から励起光を導入する構成としたので、導入された励起光は励起光反射部で反射しながら光ファイバ束とほぼ平行に進み、光ファイバ束の個々のコアに吸収され、励起光の吸収率は非常に高くなり、増幅率が向上する。



## 【0 0 7 4】

また、本発明の光アンプでは、 $\text{Yb}^{3+}$ 、 $\text{Er}^{3+}$ 、 $\text{Ce}^{3+}$ 、 $\text{Tm}^{3+}$ 、 $\text{Ho}^{3+}$ から選ばれる少なくとも 1 種類コアとする石英系ガラスファイバからなる光ファイバ束を励起光反射部で覆い、励起光導入部から励起光を導入する構成としたので、導入された励起光は励起光反射部で反射しながら光ファイバ束とほぼ平行に進み、光ファイバ束の個々のコアに吸収され、励起光の吸収率は非常に高くなり、増幅率が向上する。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図 1】

第 1 の実施の形態におけるファイバレーザの構成図である。

## 【図 2】

図 1 のバンドル部の A - A 断面図である。

## 【図 3】

図 1 における B 部の詳細構成図である。

## 【図 4】

第 2 の実施の形態におけるファイバレーザの構成図である。

## 【図 5】

第 3 の実施の形態におけるファイバレーザの構造図である。

## 【図 6】

図 5 のバンドル部の D - D 断面図である。

## 【図 7】

第 4 の実施の形態におけるファイバレーザの構成図である。

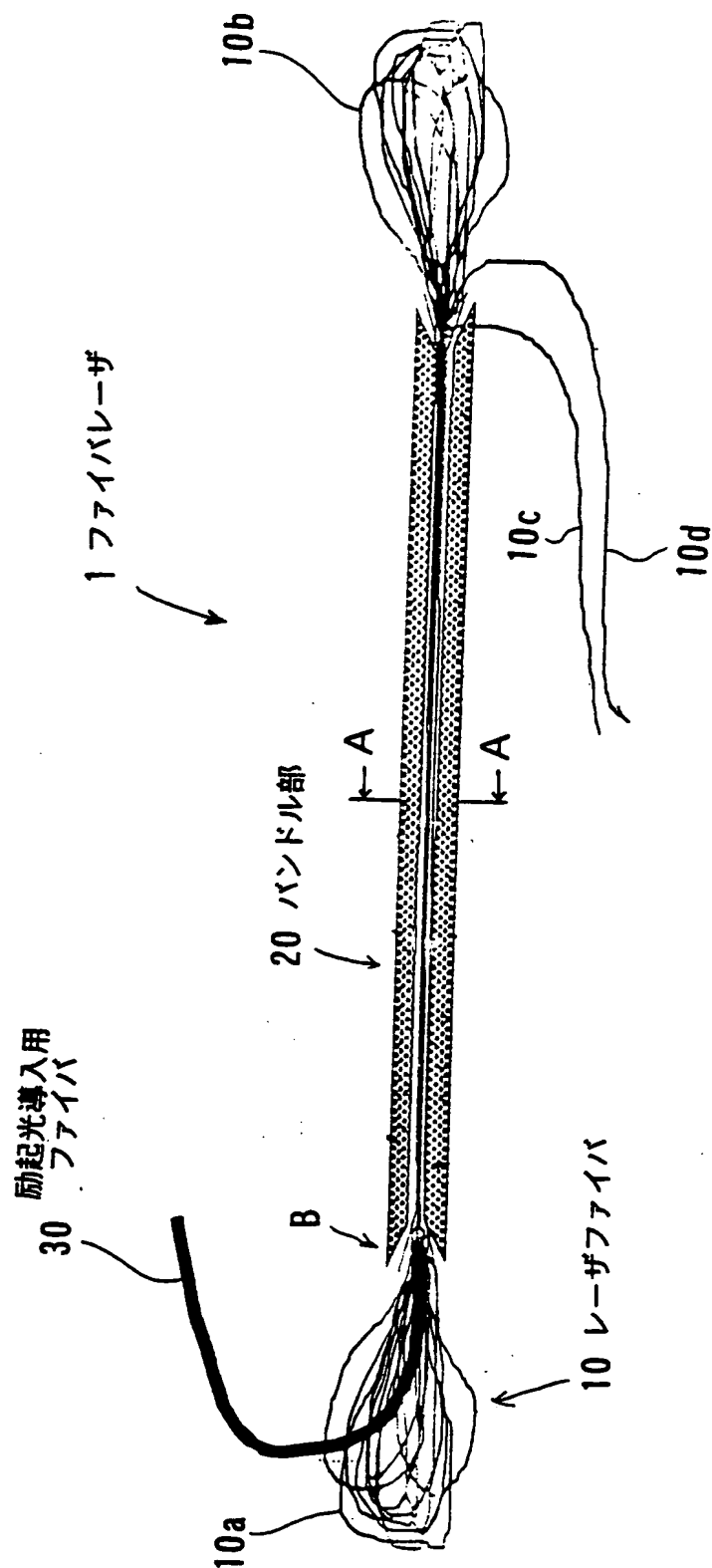
## 【符号の説明】

- 1    ファイバレーザ
- 1 0   レーザファイバ
- 2 0   バンドル部
- 3 0   励起光導入用ファイバ

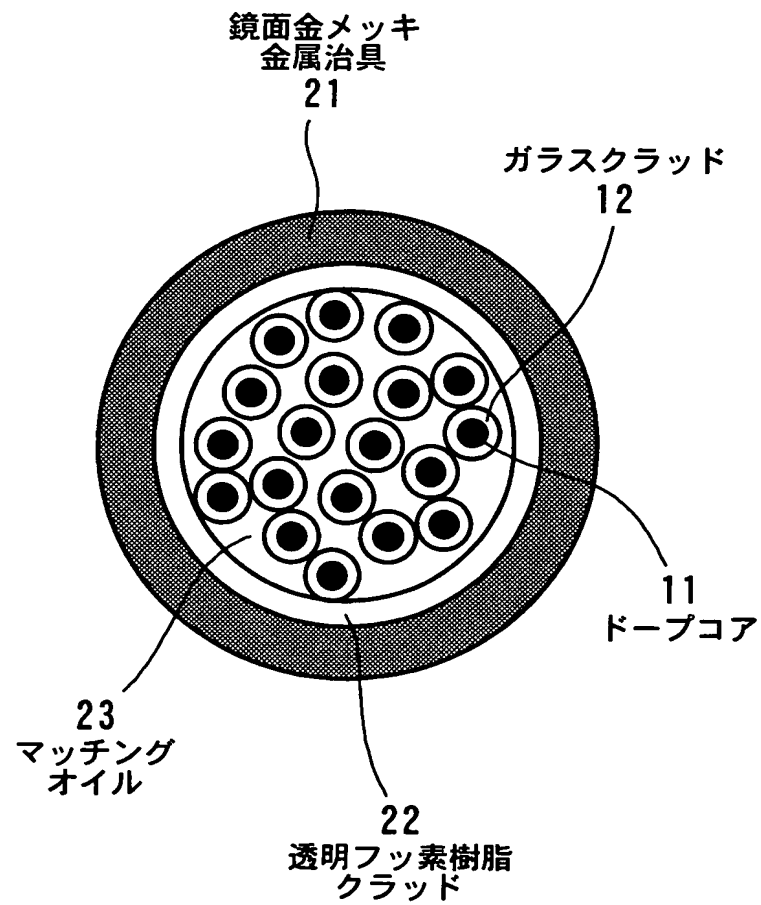
【書類名】

図面

【図 1】

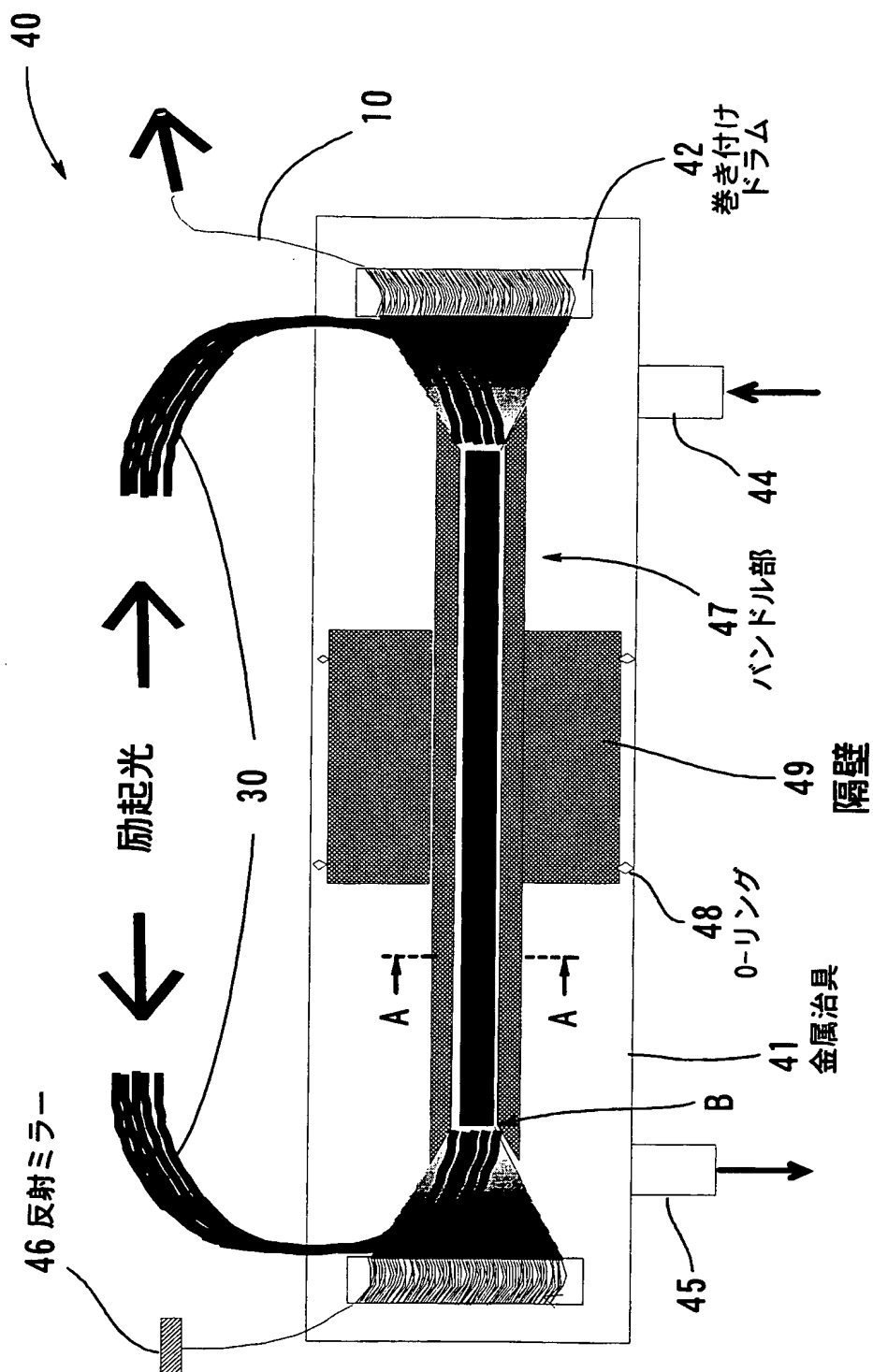


【図 2】

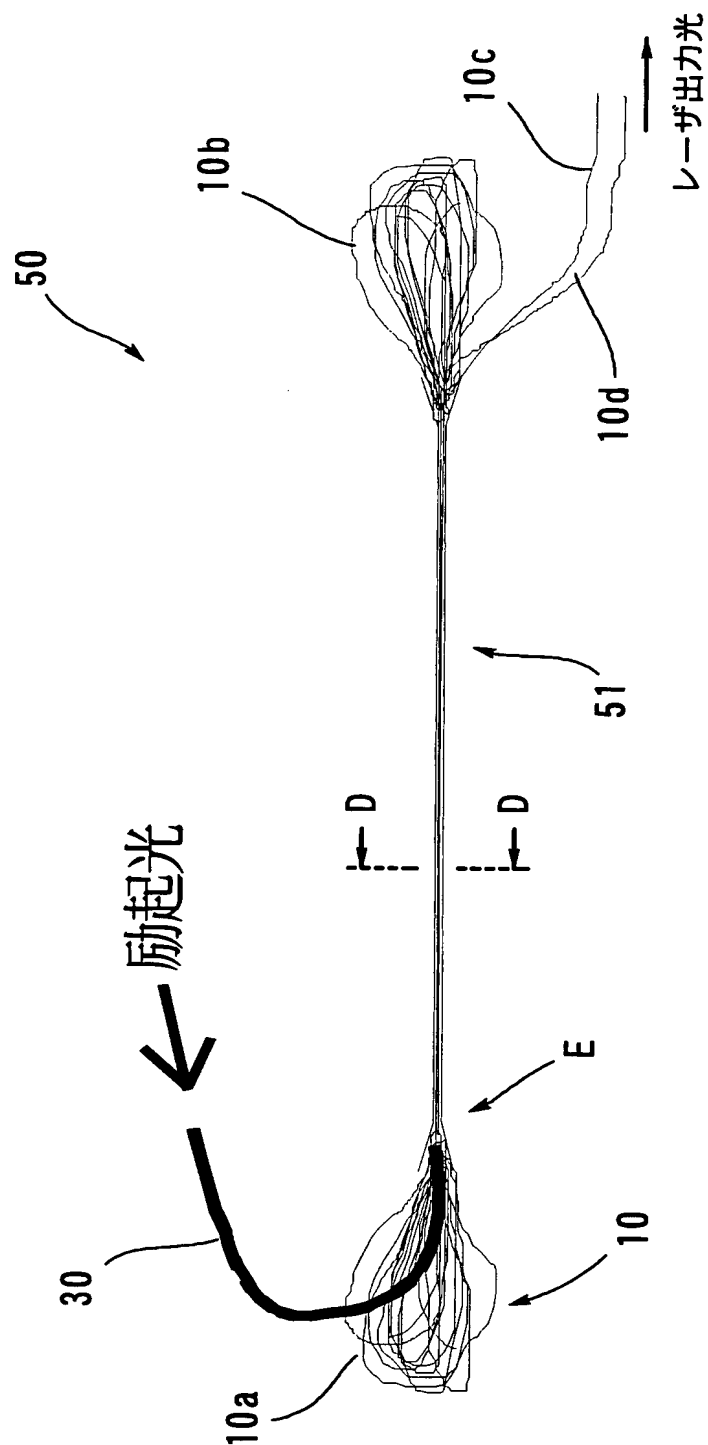




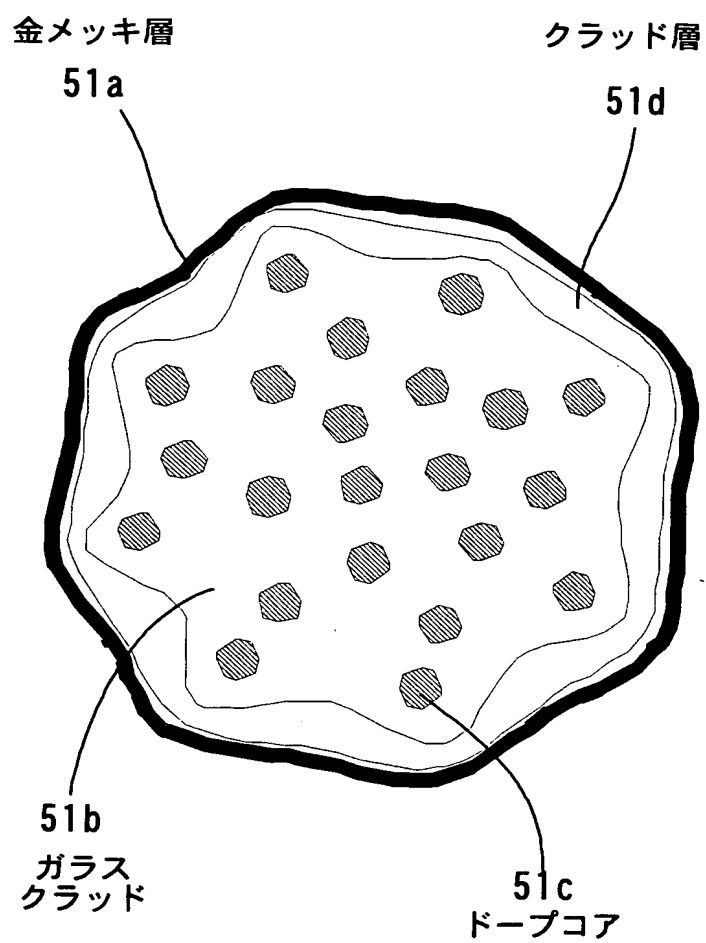
【図 4】



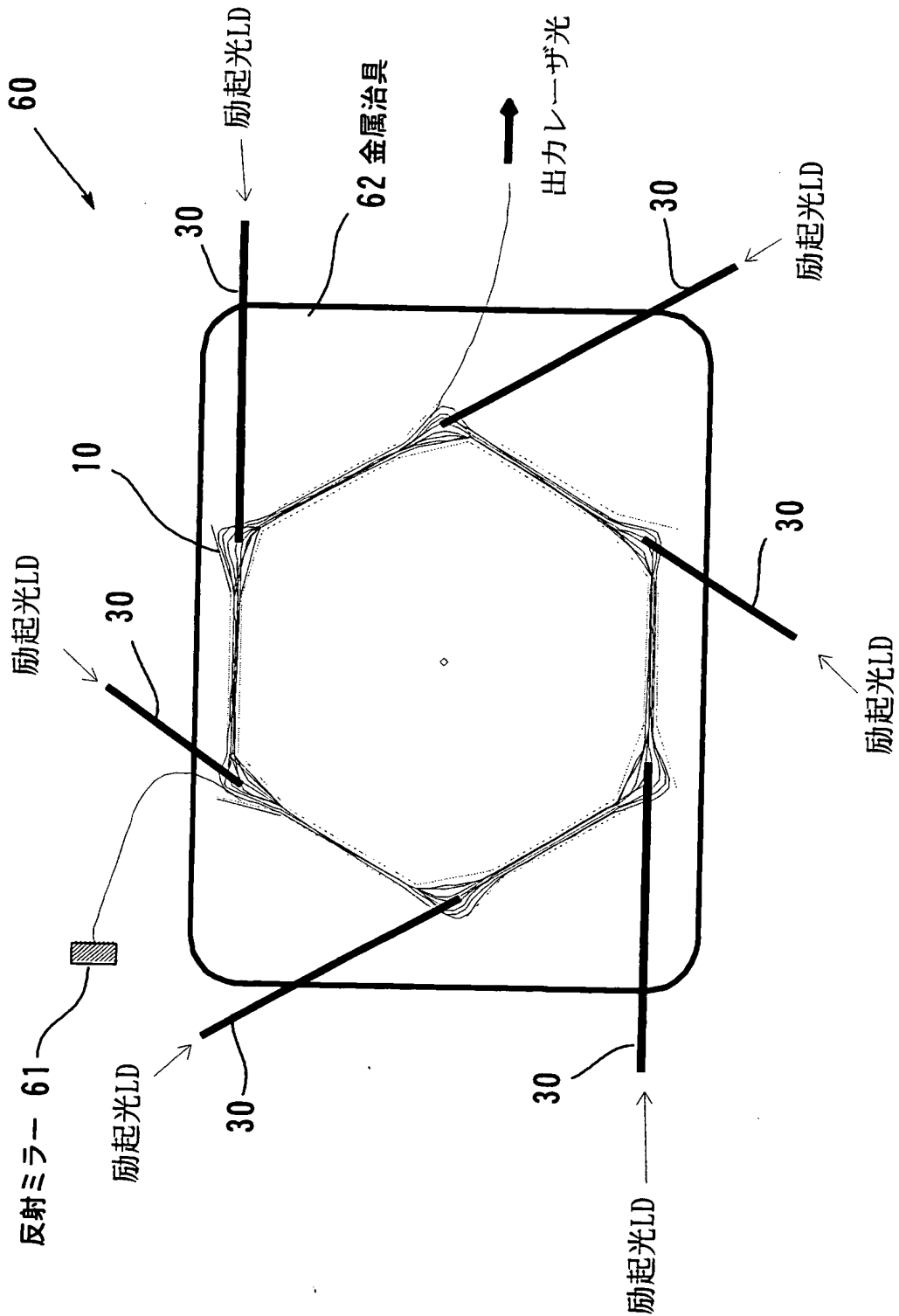
【図 5】



【図 6】



【図 7】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ファイバレーザへの励起光導入効率を向上させる。

【解決手段】 非石英系ガラスファイバ、或いは  $\text{Yb}^{3+}$ 、 $\text{Er}^{3+}$ 、 $\text{Ce}^{3+}$ 、 $\text{Tm}^{3+}$ 、 $\text{Ho}^{3+}$  から選ばれる少なくとも 1 種類コアとする石英系ガラスファイバである 1 本の連続したレーザファイバ 10 を複数回折り返して束ね、その束の隙間をマッチングオイルで満たし、レーザファイバ 10 の束及びマッチングオイルを透明フッ素樹脂クラッド及び鏡面金メッキ金属治具を有するバンドル部 20 で覆い、そこに励起光導入用ファイバ 30 を用いて励起光を導入する。

導入された励起光はバンドル部内で反射しながら、レーザファイバ 10 の束が有する個々ドープコアに吸収される。

【選択図】 図 1

【書類名】 出願人名義変更届  
【提出日】 平成16年 2月23日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【事件の表示】  
    【出願番号】 平成11年特許願第147812号  
【承継人】  
    【識別番号】 000236436  
    【氏名又は名称】 浜松ホトニクス株式会社  
【承継人代理人】  
    【識別番号】 100088155  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 長谷川 芳樹  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 014708  
    【納付金額】 4,200円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 承継人であることを証明する書面 1  
    【援用の表示】 平成 1 6 年 2 月 2 3 日付け提出の、平成 9 年特許願第 1 7 3 4 1  
                    0 号に添付のものを援用致します。  
    【物件名】 委任状 1  
    【援用の表示】 平成 1 6 年 2 月 2 3 日付け提出の、平成 8 年特許願第 2 9 0 1 7  
                    3 号出願人名義変更届に添付のものを援用致します。

## 認定・付加情報

特許出願の番号	平成 1 1 年 特許願 第 1 4 7 8 1 2 号
受付番号	5 0 4 0 0 2 8 8 6 6 3
書類名	出願人名義変更届
担当官	秋葉 義信 6 9 8 6
作成日	平成 1 6 年 4 月 9 日

## &lt; 認定情報・付加情報 &gt;

## 【承継人】

## 【識別番号】

000236436

## 【住所又は居所】

静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1

## 【氏名又は名称】

浜松ホトニクス株式会社

## 【承継人代理人】

申請人

## 【識別番号】

100088155

## 【住所又は居所】

東京都中央区銀座一丁目 1 0 番 6 号 銀座ファーストビル 創英国際特許法律事務所

## 【氏名又は名称】

長谷川 芳樹

特願平 1 1 - 1 4 7 8 1 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 1 1 3 2 6 3 ]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 1 6 日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都新宿区中落合 2 丁目 7 番 5 号  
氏 名 ホーヤ株式会社
2. 変更年月日 2 0 0 2 年 1 2 月 1 0 日  
[変更理由] 名称変更  
住 所 東京都新宿区中落合 2 丁目 7 番 5 号  
氏 名 H O Y A 株式会社

特願平 1 1 - 1 4 7 8 1 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 2 3 6 4 3 6 ]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 1 0 日
[変更理由]	新規登録
住 所	静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1
氏 名	浜松ホトニクス株式会社